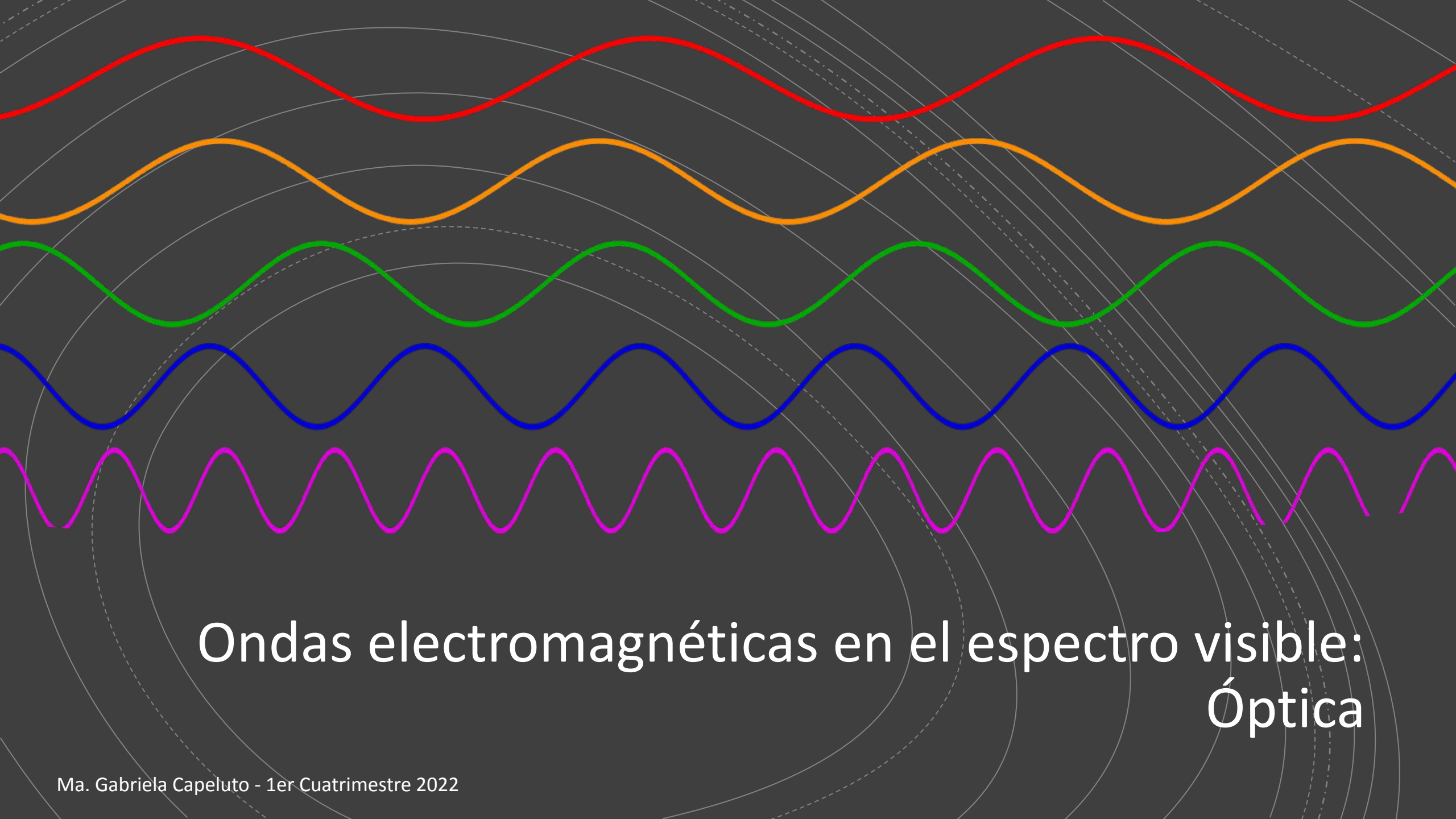


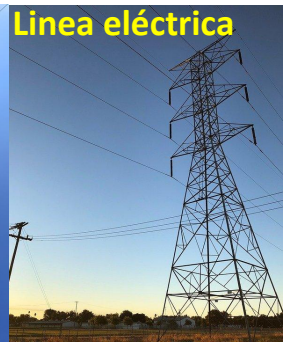
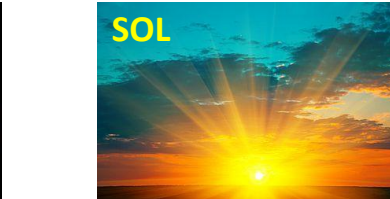
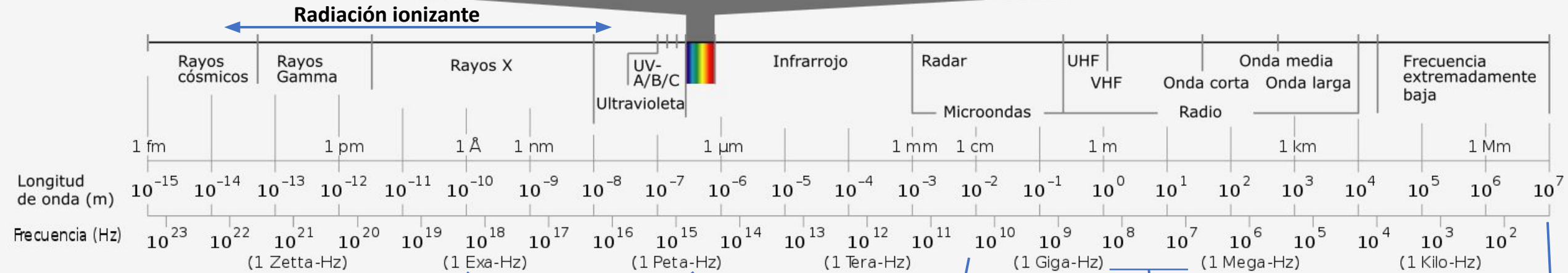


Ondas electromagnéticas en el espectro visible: Óptica

El espectro electromagnético y algunas fuentes de estas ondas



Espectro visible por el ojo humano (Luz)



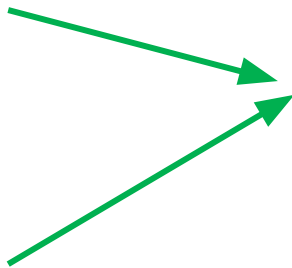
Polarización de la luz



$$\vec{E} = E_{ox} \cos(kz - \omega t) \hat{x} + E_{oy} \cos(kz - \omega t + \phi) \hat{y}$$

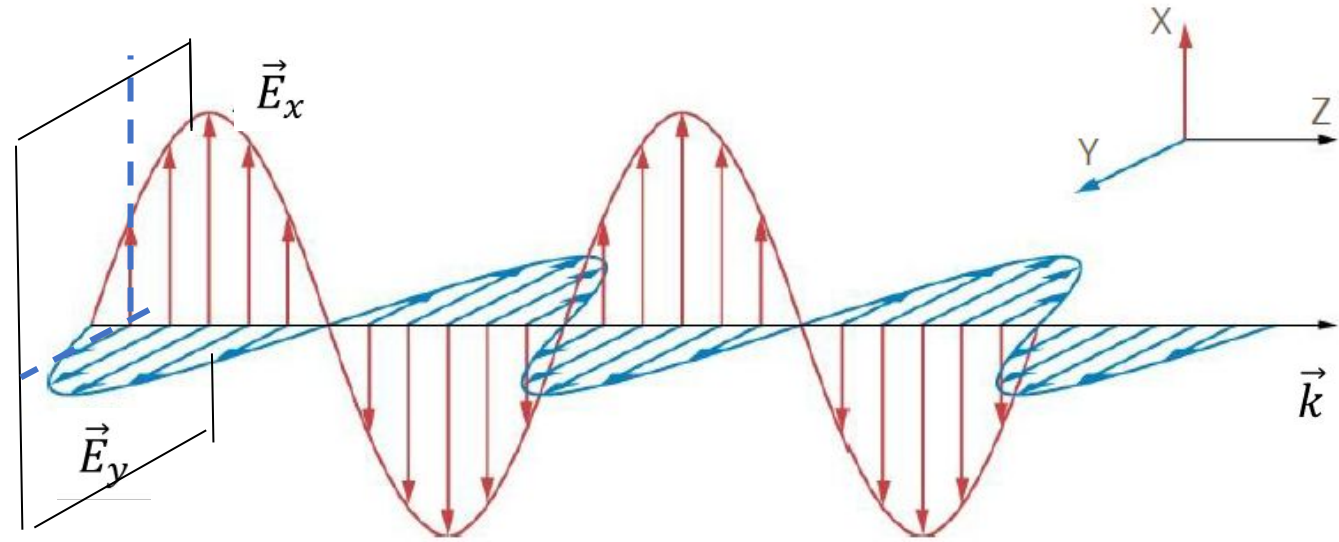


$$\begin{aligned} \vec{E} &= E_{ox} e^{i(kz - \omega t)} \hat{x} + E_{oy} e^{i(kz - \omega t + \phi)} \hat{y} \\ &= e^{i(kz - \omega t)} (E_{ox} \hat{x} + E_{oy} e^{i\phi} \hat{y}) \end{aligned}$$



Plano de oscilación (perpendicular a $\vec{k}$)

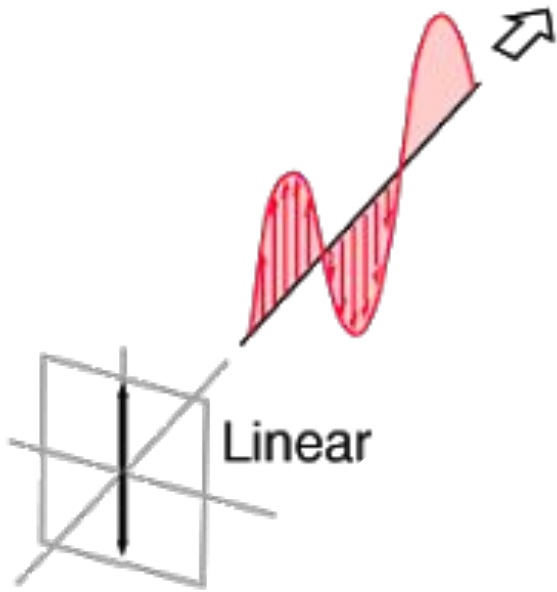
$$\vec{E} = \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_{ox} \\ E_{oy} e^{i\phi} \end{pmatrix} e^{i(kz - \omega t)}$$



Tipos de polarización

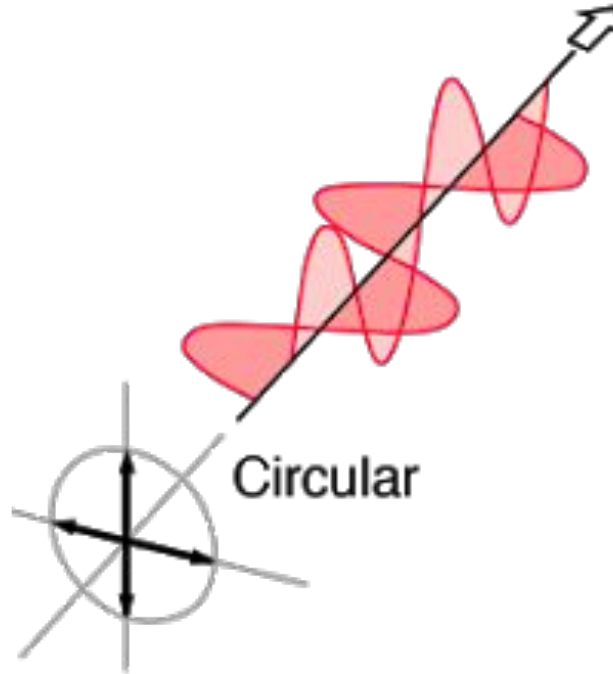


$$\vec{E}_o = (E_{ox}\hat{x} + E_{oy}e^{i\phi}\hat{y})$$



$$\phi = 2m\pi$$

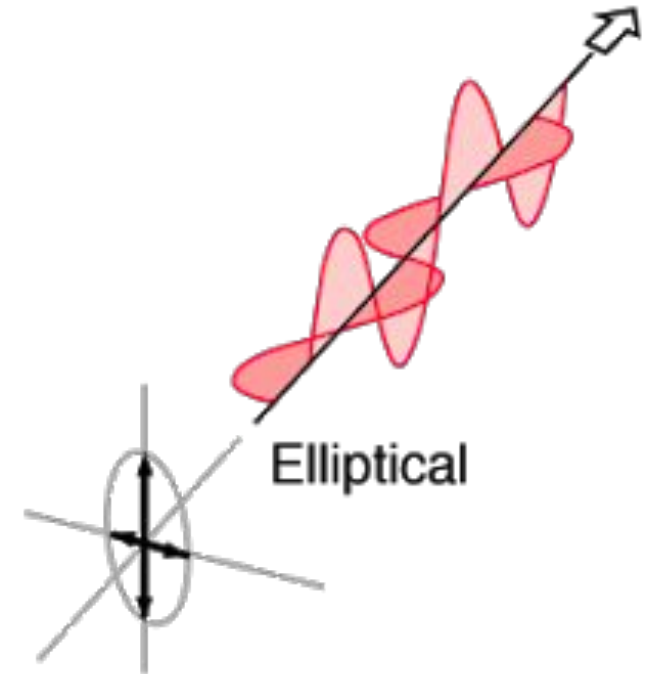
$$\vec{E}_o = (E_{ox}\hat{x} + E_{oy}\hat{y})$$



$$\phi = 2m\pi \pm \frac{\pi}{2}$$

$$E_{ox} = E_{oy} = E_o$$

$$\vec{E}_o = E_o(\hat{x} \pm i\hat{y})$$



$$\phi = 2m\pi \pm \frac{\pi}{2}$$

$$\vec{E}_o = (E_{ox}\hat{x} \pm i E_{oy}\hat{y})$$

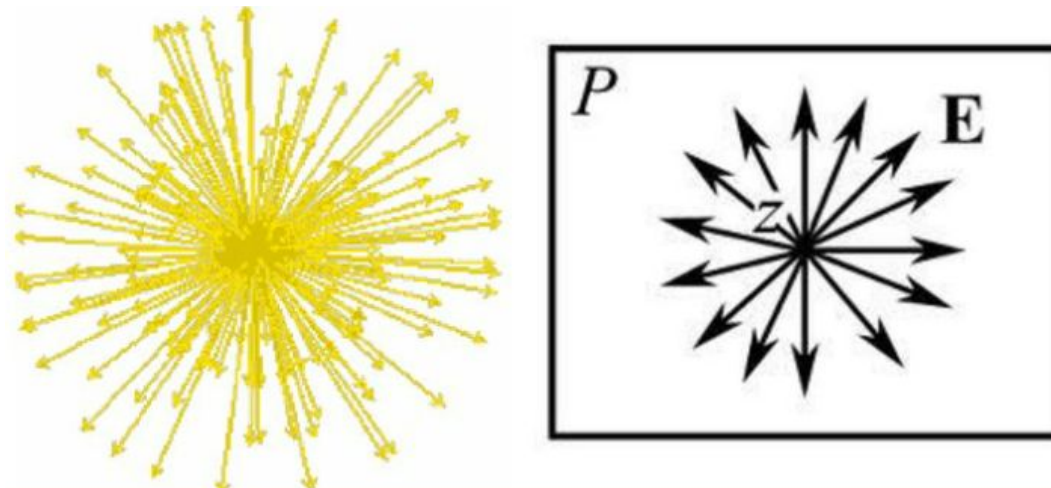
Luz naturalmente polarizada (o no polarizada)



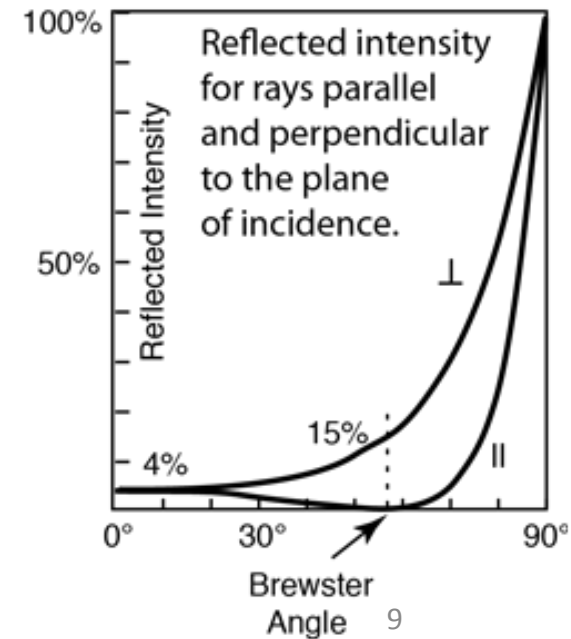
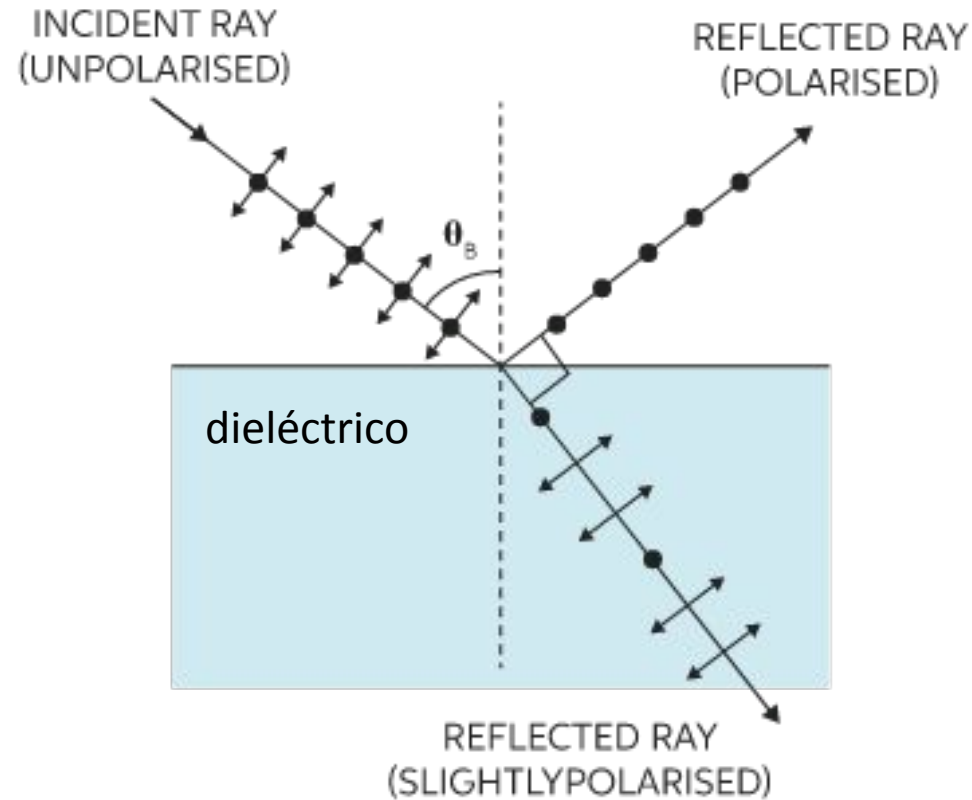
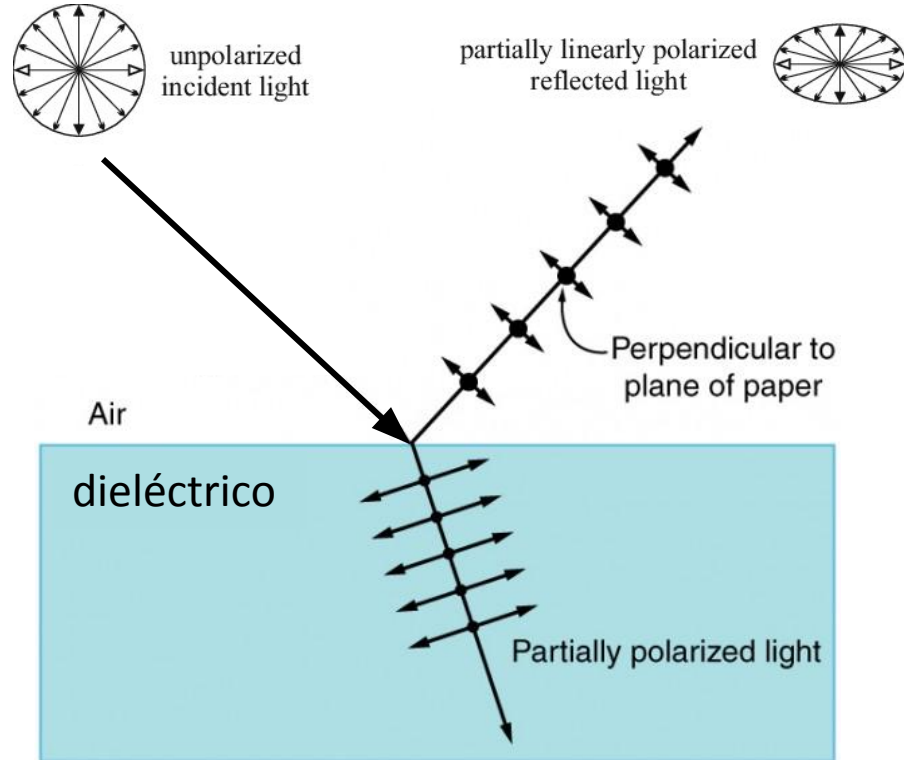
La dirección y amplitud de $\vec{E}$ cambian de manera caótica (si es parcialmente polarizada la amplitud en una dirección es significativamente mayor que en la otra)

Por que fuentes de este tipo son No polarizadas:

- Cada átomo excitado emite durante un tiempo del orden de $10^{-8}s$
- La emisión de la fuente está formada por la superposición de las ondas emitidas por un número muy grande de átomos, con polarizaciones que cambian caóticamente.

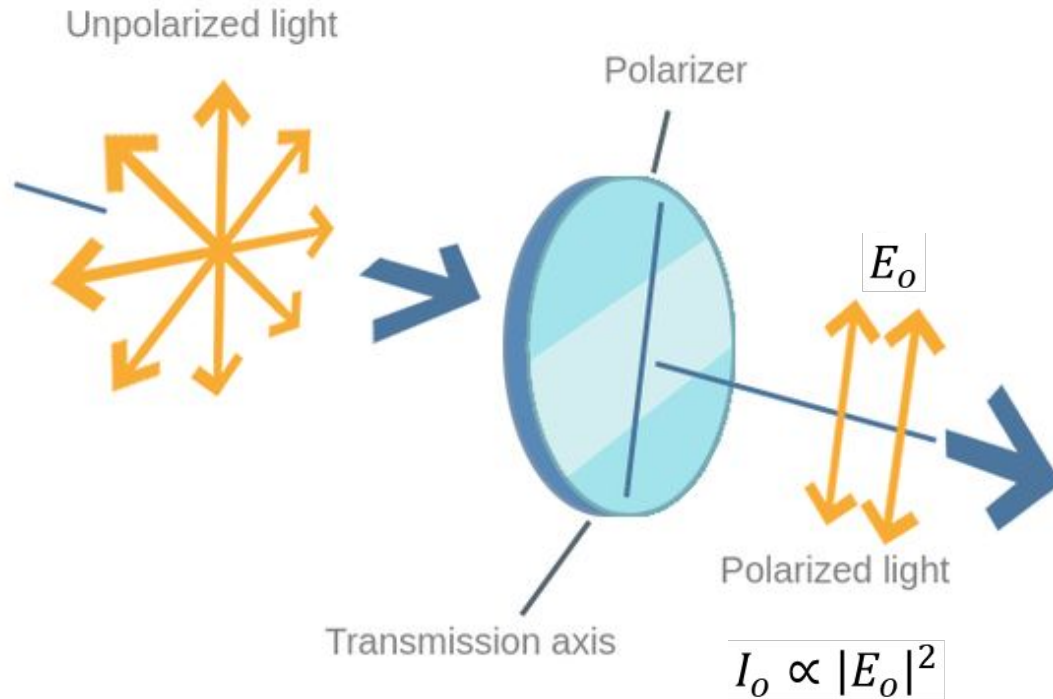


Fenómenos que polarizan luz: Reflexión

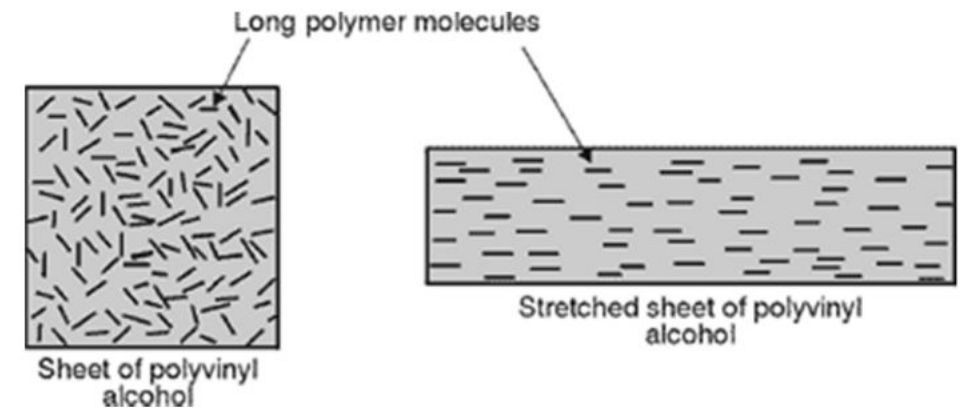


La luz reflejada siempre tiene mayor componente de campo en la dirección perpendicular al plano de incidencia

Fenómenos que polarizan luz: Dicroísmo



- Cualquiera sea la polarización incidente, la transmitida es lineal en la dirección del eje de transmisión
- Se los puede caracterizar por un eje de transmisión o un eje de absorción, ambos perpendiculares entre si

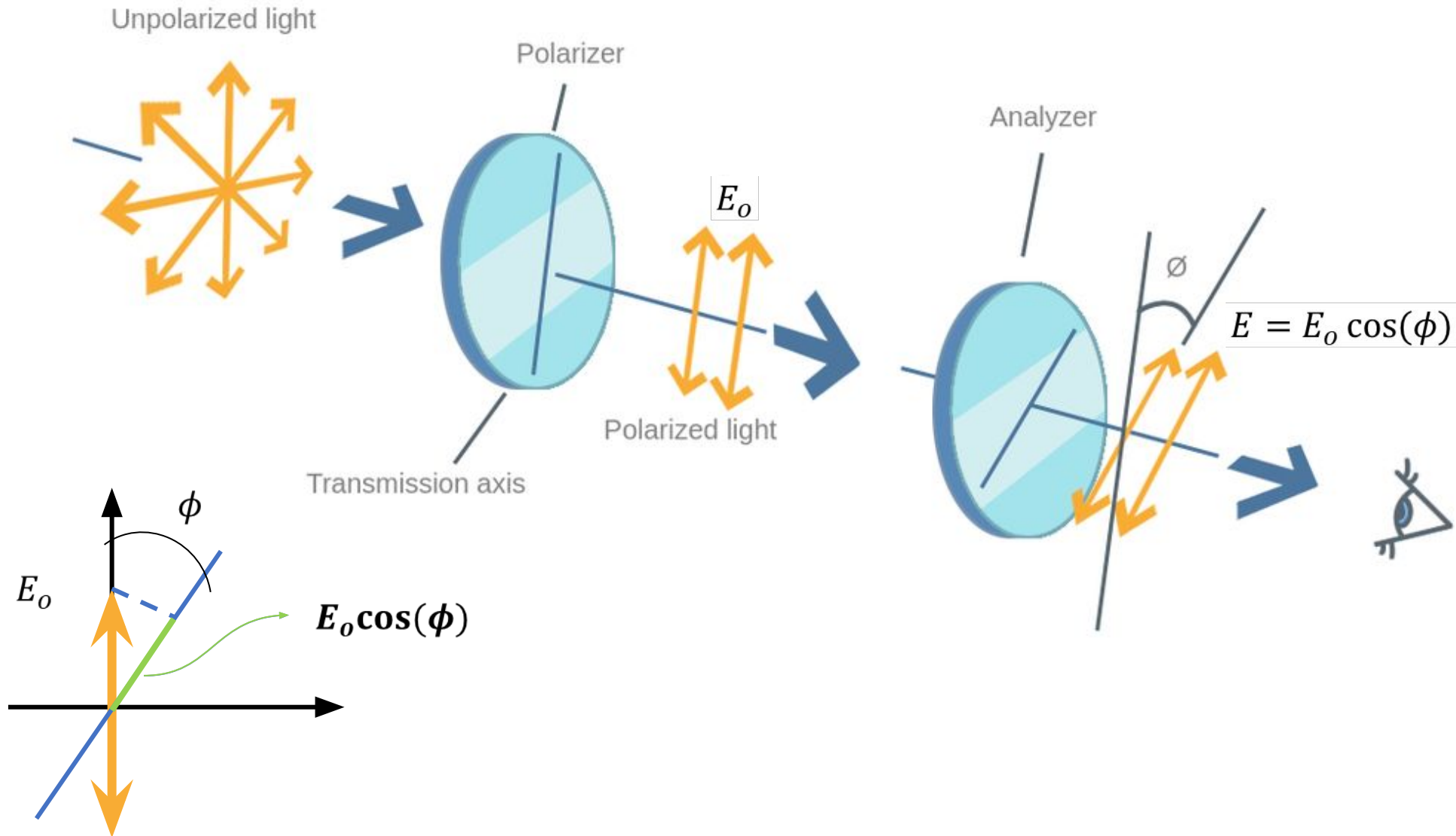


Moléculas de Iodo funcionalizados a las del polímero actúan como “cables” moleculares

Fenómenos que polarizan luz: Birrefringencia



Ley de Malus



$$I \propto |E|^2$$

$$I = I_0 \cos^2(\phi)$$

Fuente de luz



Láser

Led

Lámpara

Tubo de descarga

etc

Detector de luz



Fotodiodo

Fotoresistencia

Fototransistores

CCD/CMOS

etc



Caracterización del laser

- Estabilidad temporal
- Divergencia
- Polarización
- Perfil del haz
- Brillo
- Espectro
- Coherencia

Caracterización del detector

- Linealidad
- Rango dinámico (rango donde opera independientemente que sea o no lineal)
- Respuesta temporal
- Respuesta espectral

Cómo detectamos luz en labo 2

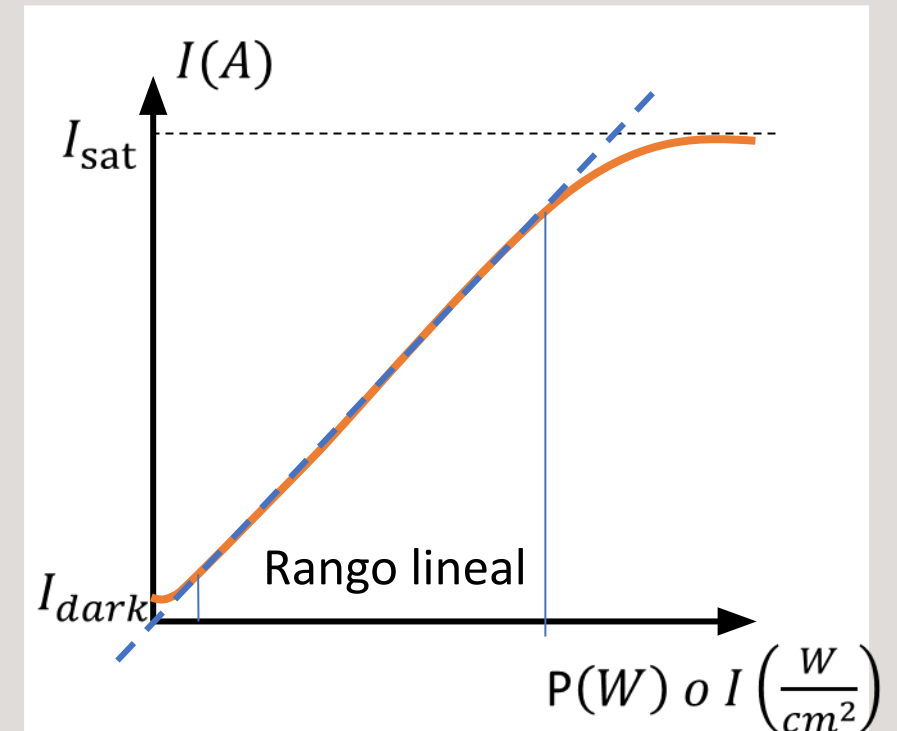
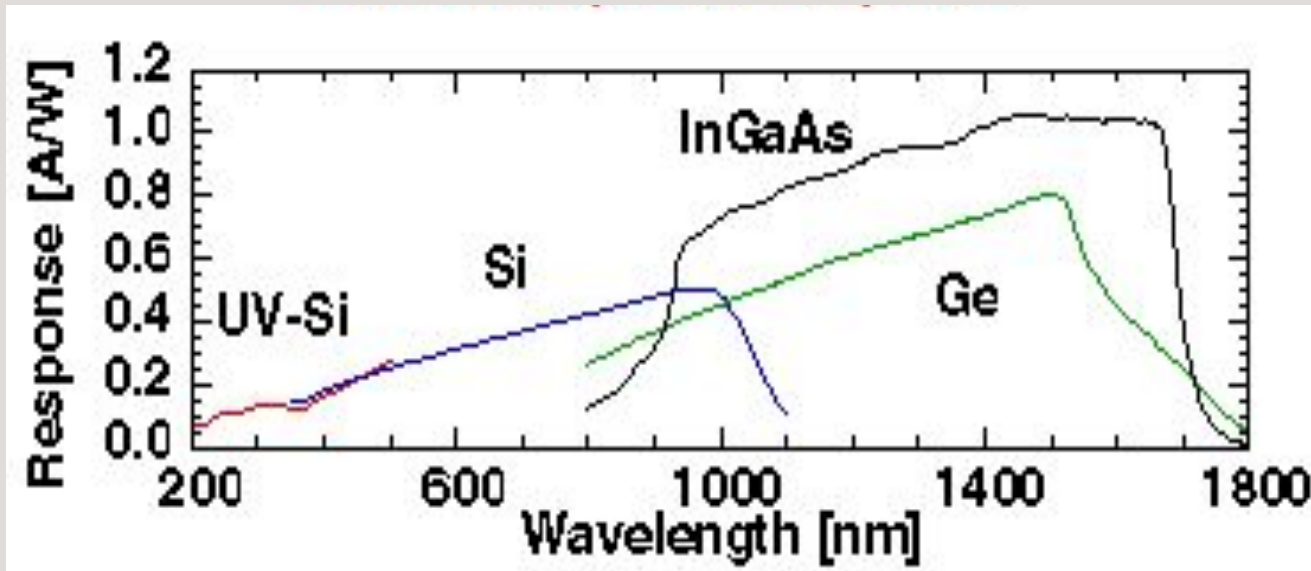


Fotodiodos:

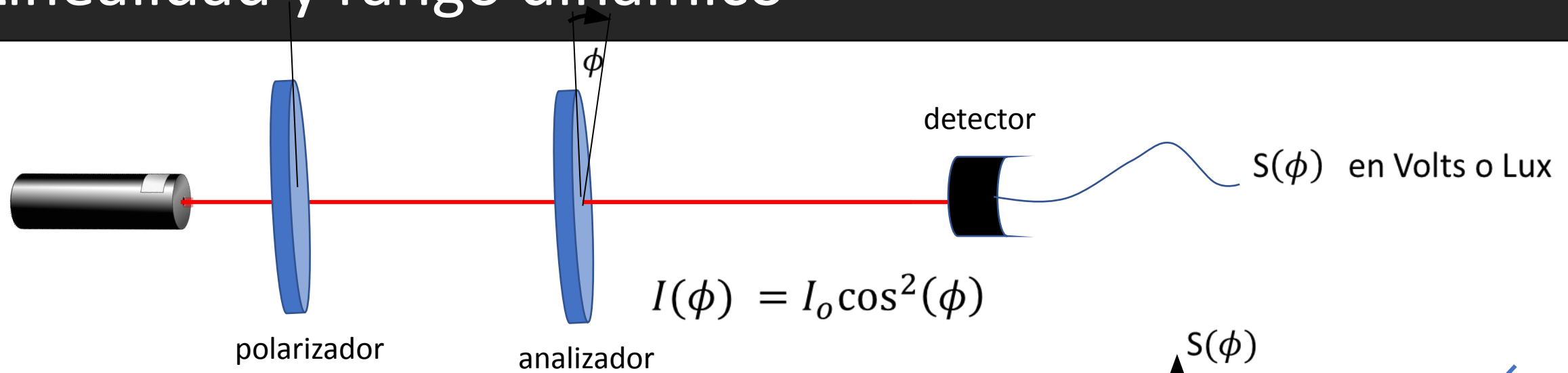
- transductores que convierten intensidad en corriente
- Operan desde el UV hasta el IR lejano

Responsividad, fotosensitividad, respuesta espectral, etc

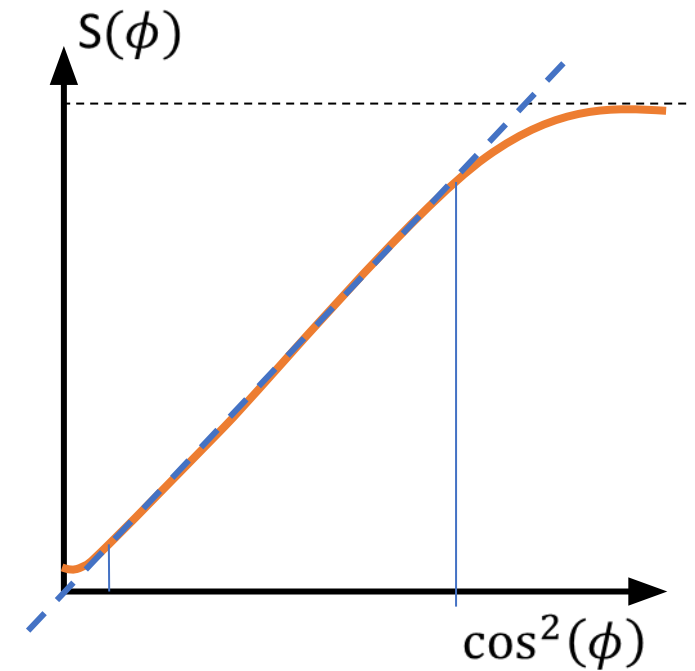
$$R = \frac{I(A)}{P(W)}$$



Linealidad y rango dinámico



¿es $S(\phi) \propto I(\phi)$?



Nuestros detectores



Circuito eléctrico en caja Negra:
Amplificadores de corriente en tres escalas
(tres rangos con distinta sensibilidad)

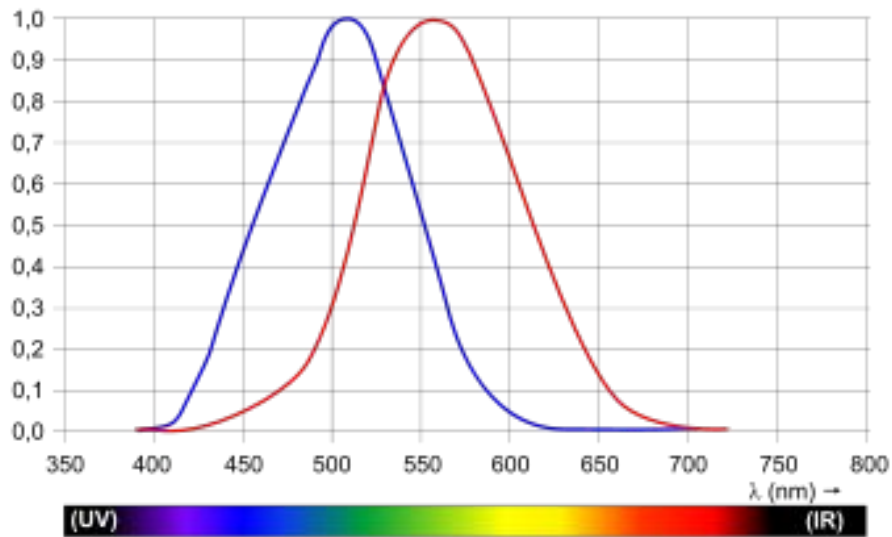


Los amplificadores modifican la linealidad

Unidades fotométricas

Toman en cuenta la respuesta del ojo humano
(el ojo es más sensible a unas longitudes de ondas que a otras)

Factor de peso: función de luminosidad fotópica (rojo) con buena iluminación y escotópica (azul) con mala iluminación



$$1 \text{ lux} = \text{lumen/m}^2 = \text{cd str/ /m}^2$$

Unidades radiométricas

No se tiene en cuenta la longitud de onda

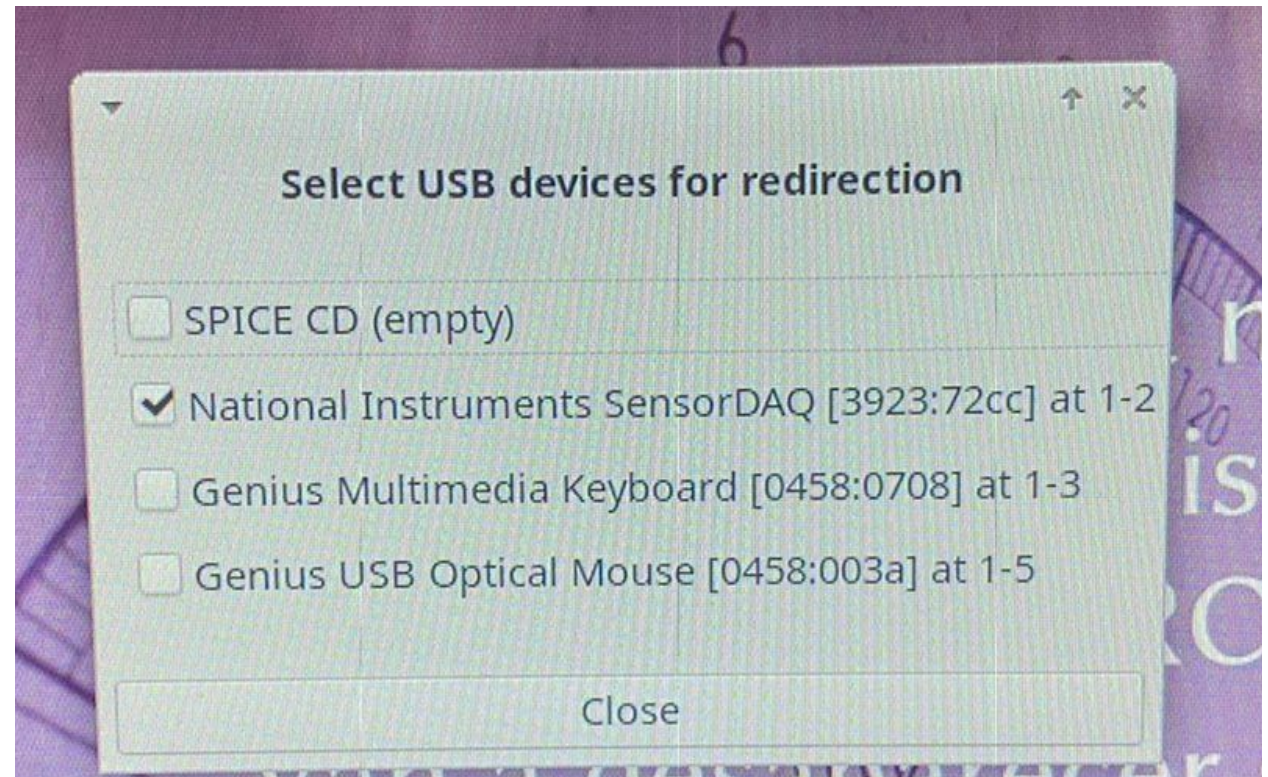
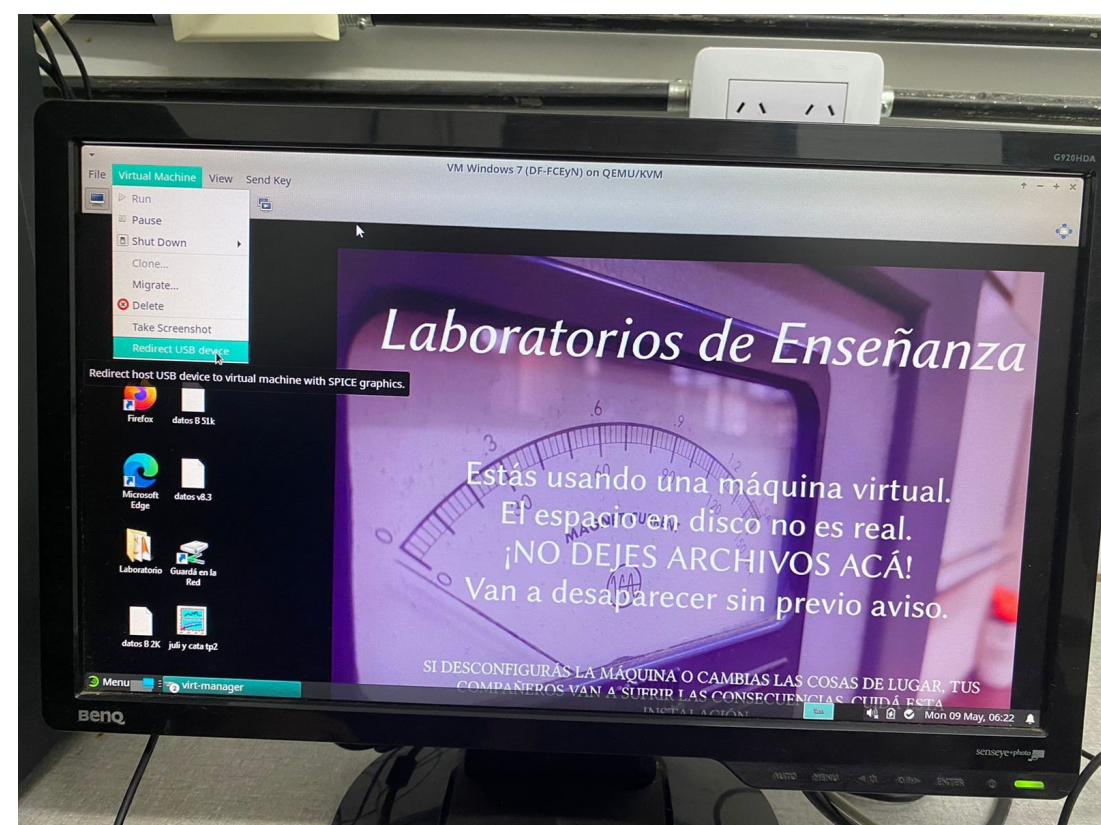
$$\text{Potencia} = \text{Energía} / \text{tiempo [W]}$$

$$\text{Irradiancia} = \text{W/m}^2$$

Conectar el dispositivo



- 1) Conectar la placa de adquisición SensorDAQ a la PC
- 2) Conectar el USB a la maquina virtual
 - Virtual Machine
 - Redirect USB device
 - National Instrument SensorDAQ

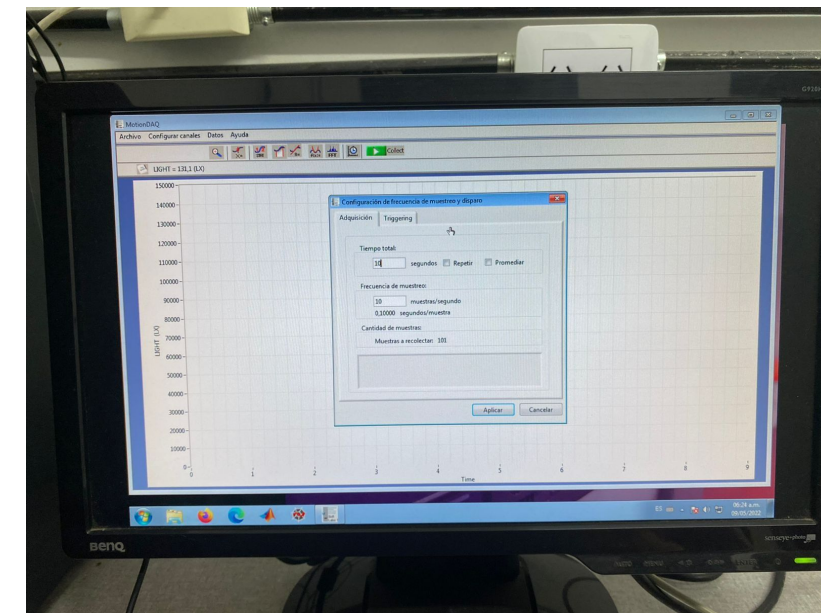
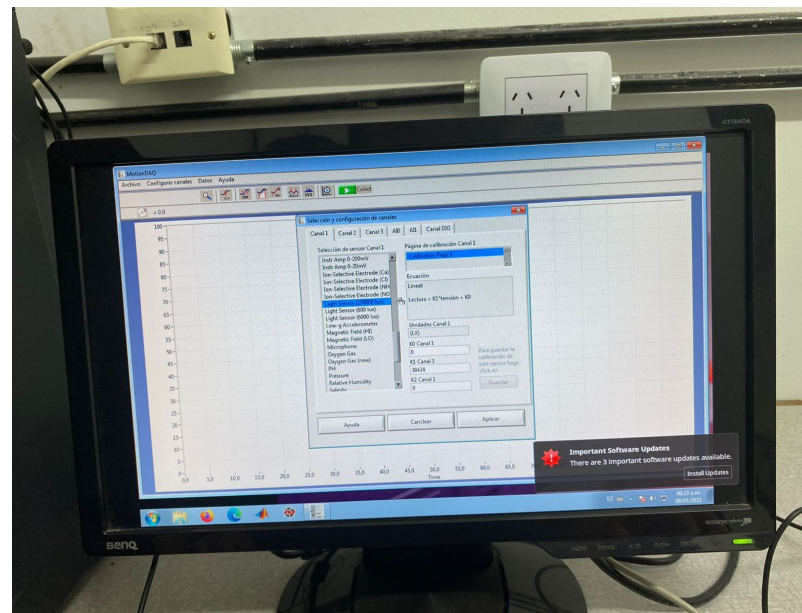
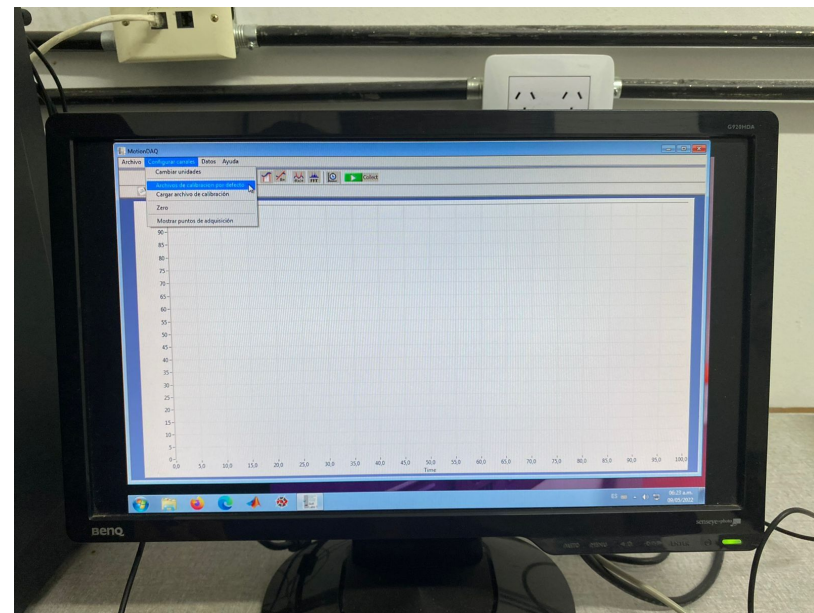


Configuración del programa MotionDAQ

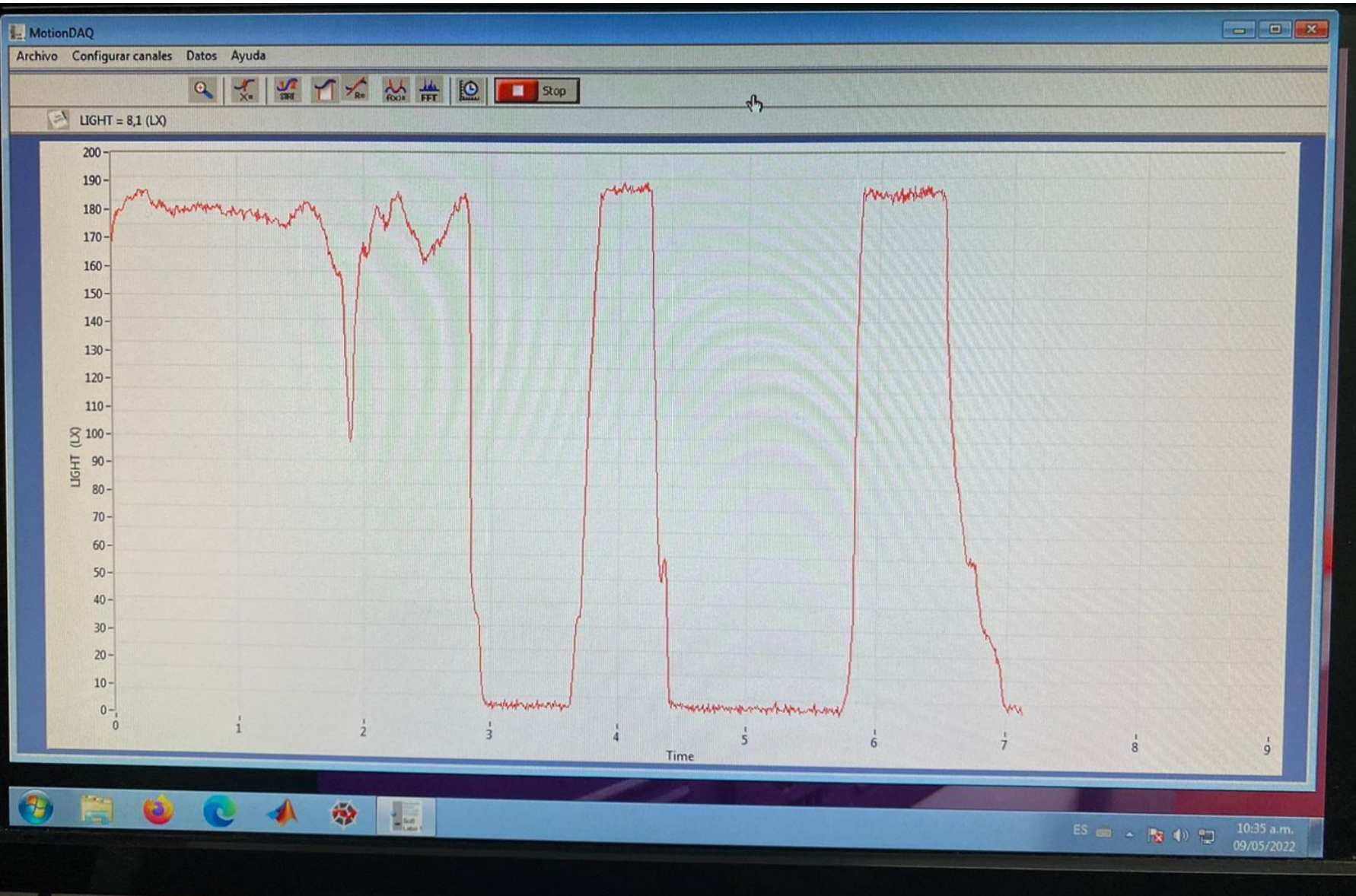


- 1) Abrir programa MotionDAQ
- 2) Configurar canales
- 3) Configuración de canales por defecto
- 4) Light sensor (XX Lux): XXX= 600 lux, 6000 lux o 150000 lux)
- 5) Configurar el experimento : Duración del experimento (en s) y la frecuencia de muestreo (muestras por Segundo)

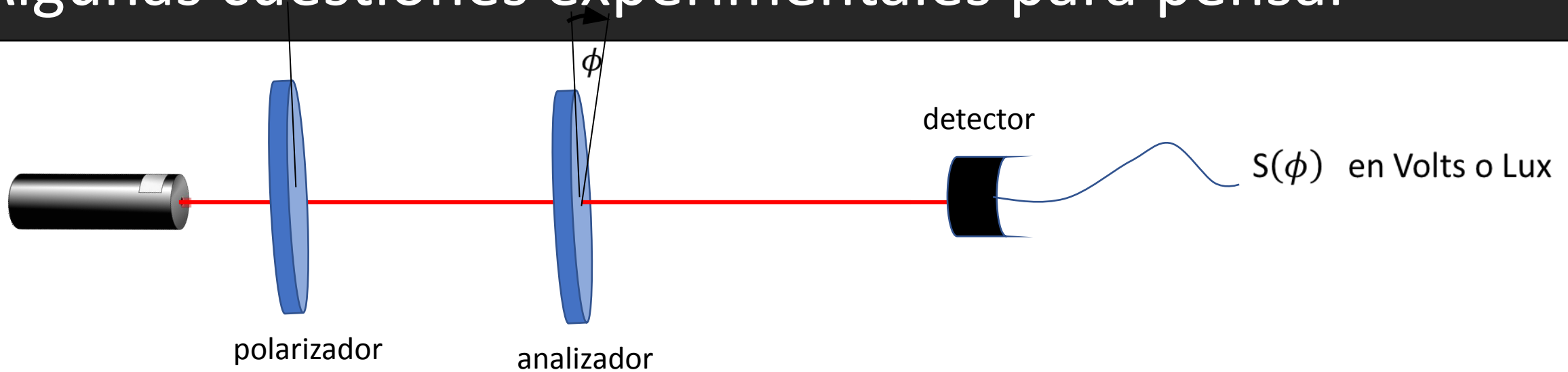
! No olvidarse de cambiar el programa cada vez que cambien la perilla



Un ejemplo de medición (tapando y destapando el detector)



Algunas cuestiones experimentales para pensar

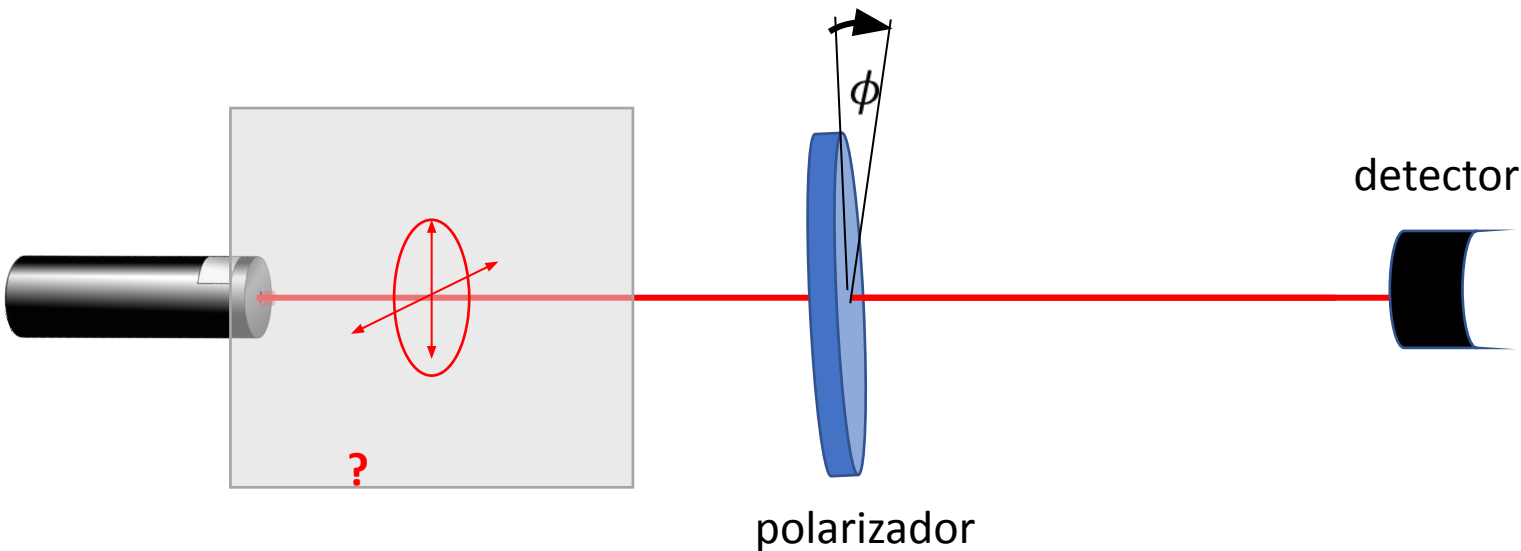


- La luz espuria es fuente de ruido, ¿cómo la disminuyo?
- Prestar atención al cambiar de escala (cambiar físicamente y en el programa)
- Estimar el ruido e incerteza en medir la intensidad
- El ángulo cero en la ley de Malus corresponde a los dos polarizadores alineados
- ¿En que ángulo me conviene ubicar el eje de transmisión del polarizador?
- El láser emite luz polarizada o no? cómo puedo verlo?

La polarización de un haz laser



- 1) determinar si el laser es linealmente polarizado
- 2) Si es polarizado, determinar el grado de polarización



Grado de polarización

Definición 1

$$V = \frac{I_p}{I_{tot}}$$

I_p - descontar la absorción del polarizador

Definición 2

$$V = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

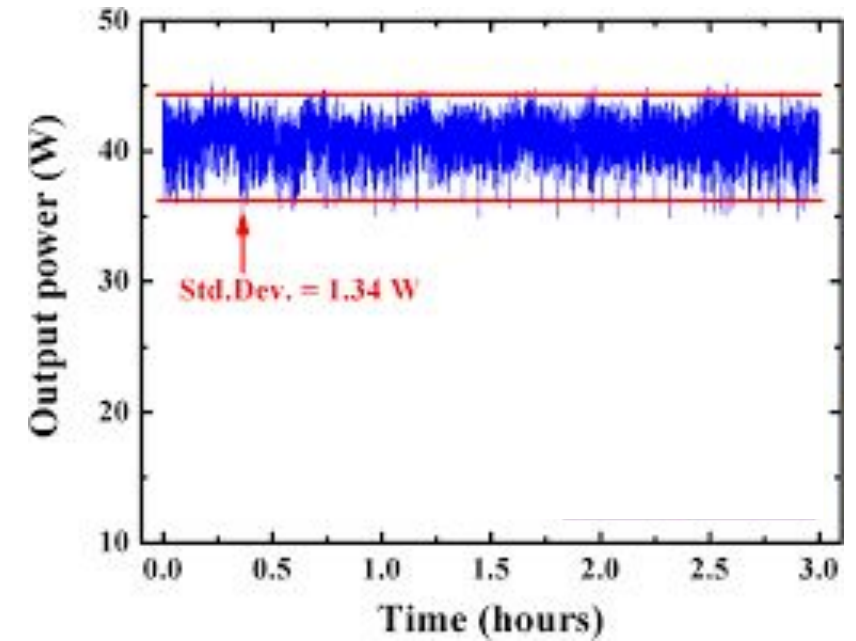
La estabilidad temporal del haz laser



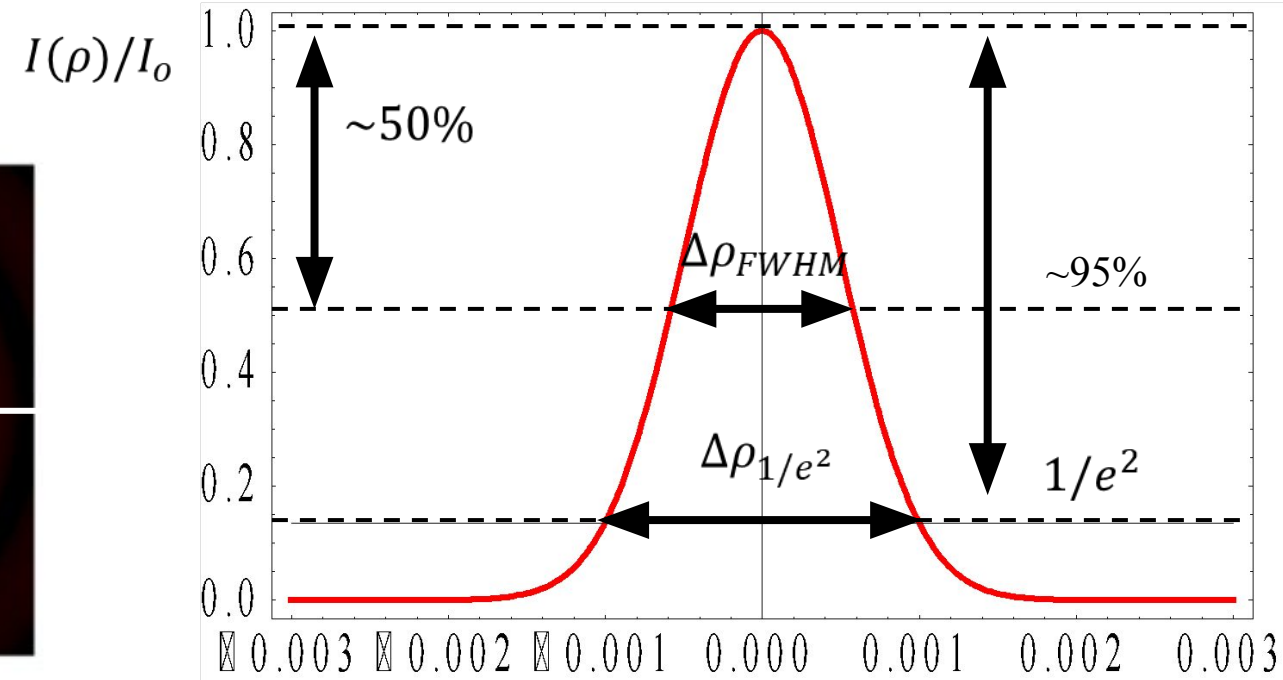
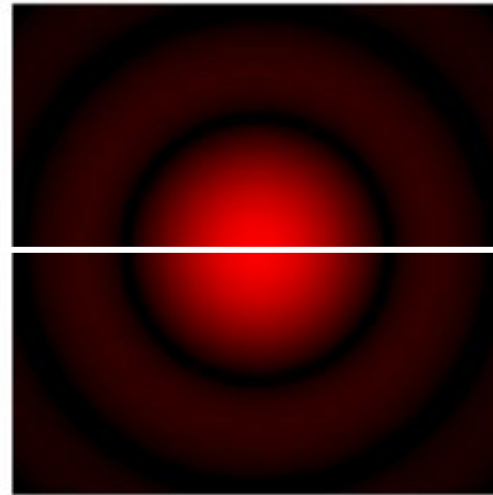
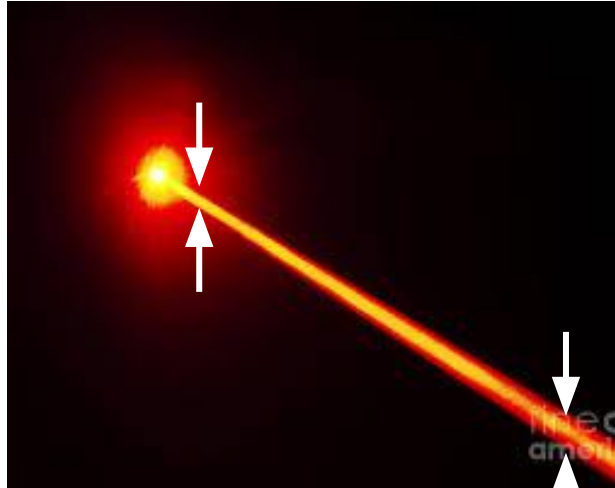
Caracterizar la estabilidad del haz



Pensar: como distingo si es ruido del detector o es inestabilidad del laser. ?



El perfil del haz del láser y su colimación

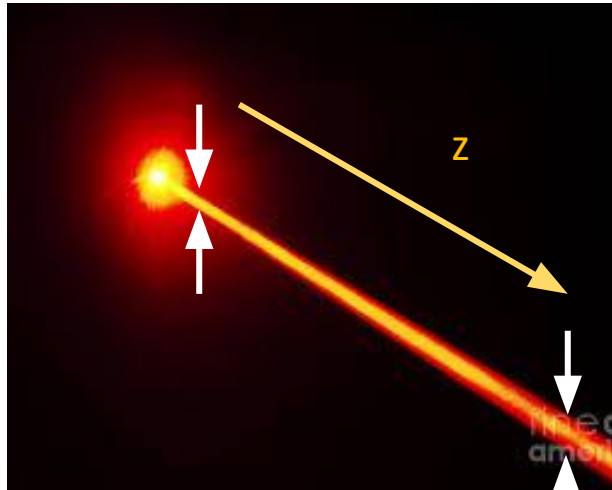


$$I(\rho) = I_o e^{-\frac{2\rho^2}{\omega^2}}$$

$$\Delta\rho_{1/e^2} = 2\omega$$

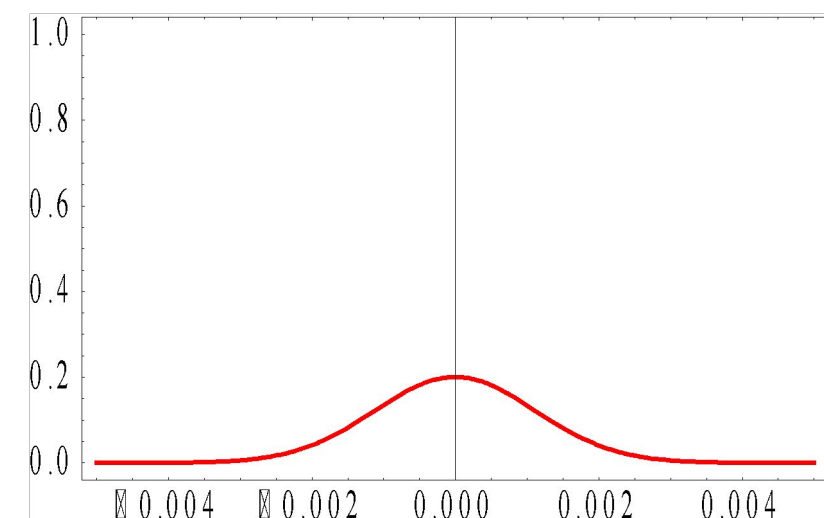
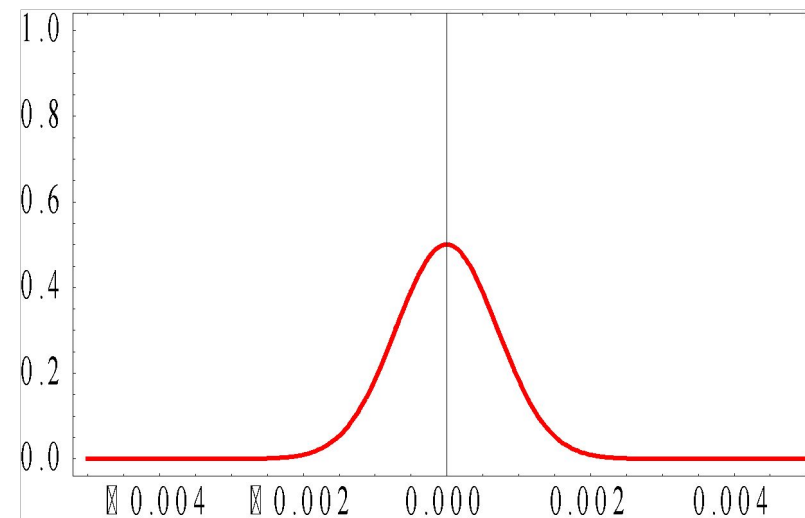
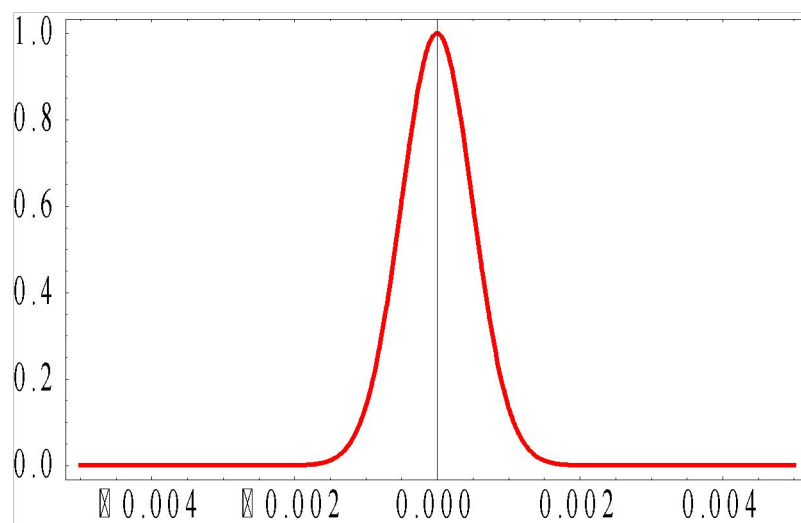
$$\Delta\rho_{FWHM} = \sqrt{2 \ln(2)} \omega$$

El perfil del haz del laser y su colimación

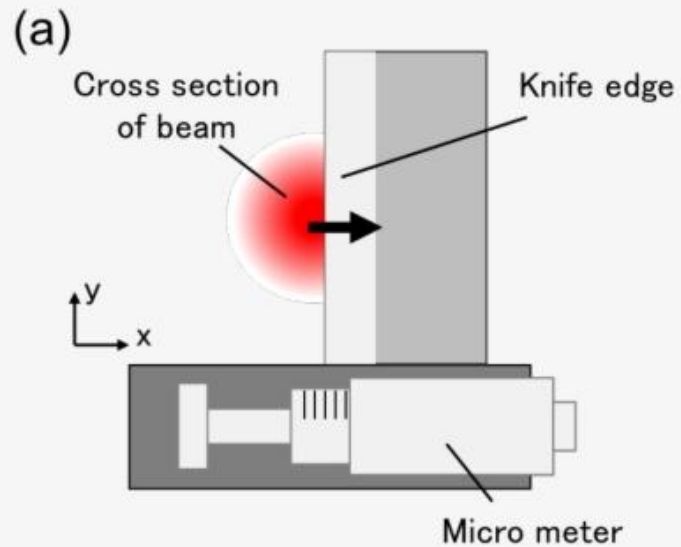
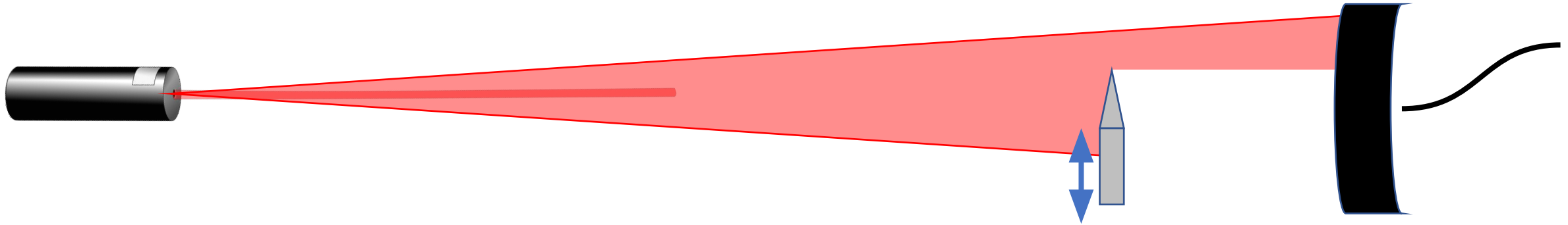


Determinar el perfil del haz y su divergencia

z

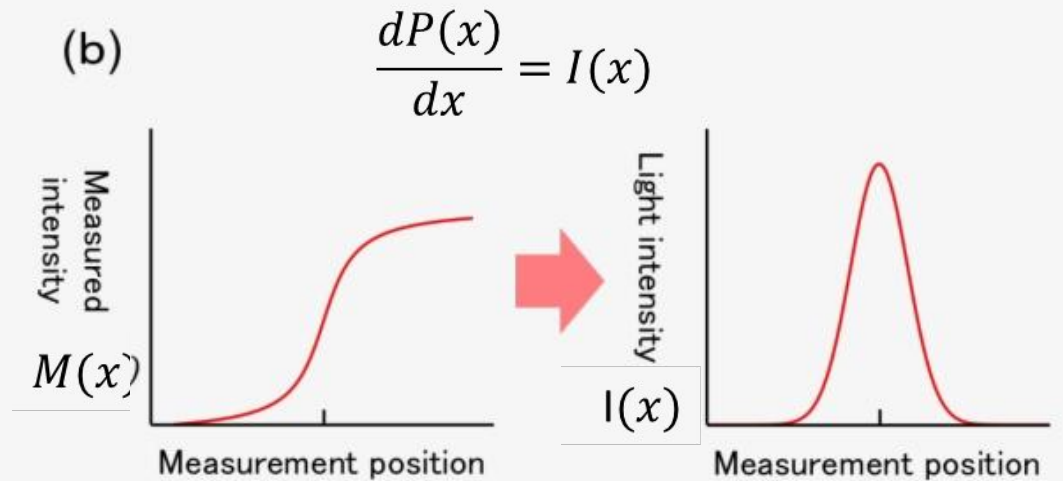
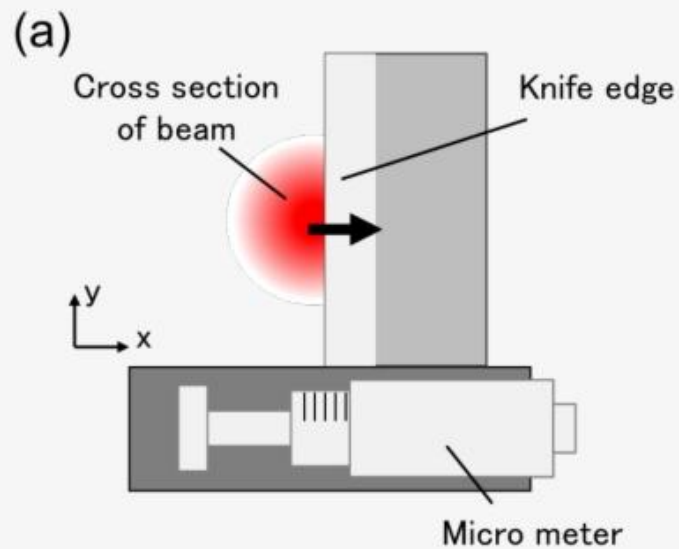
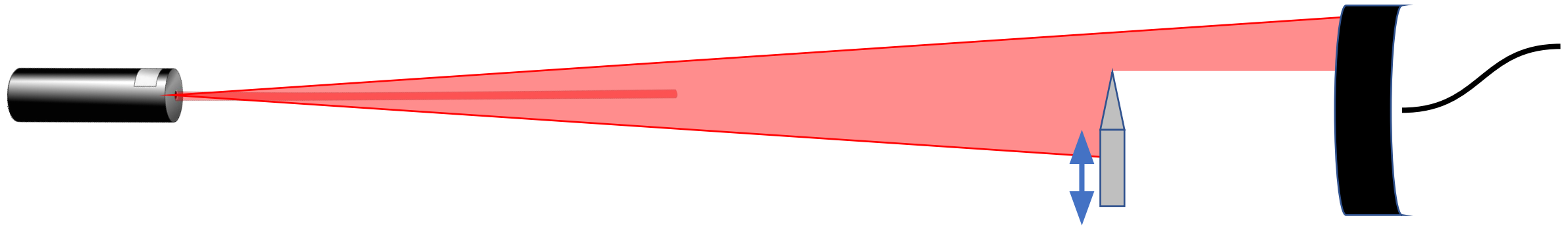


El perfil del haz del laser y su colimación



Nota: Asegurarse que todo el haz entre en el detector
TIP: puedo usar una lente

El perfil del haz del laser y su colimación



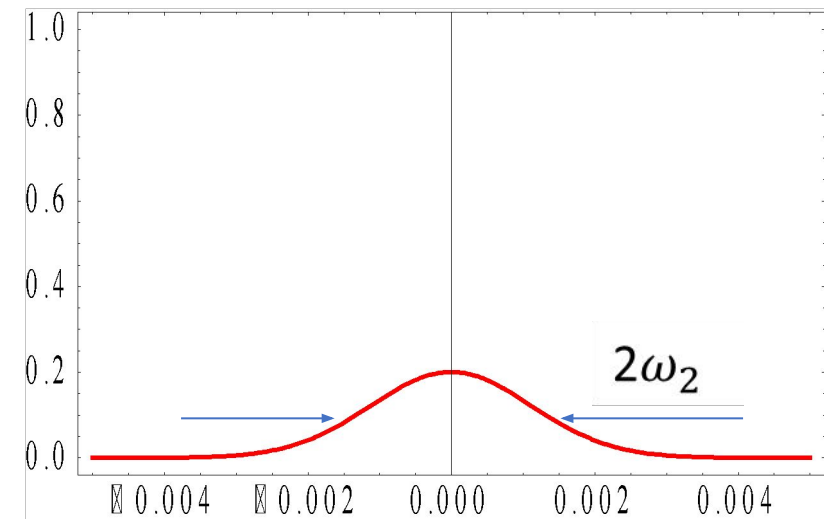
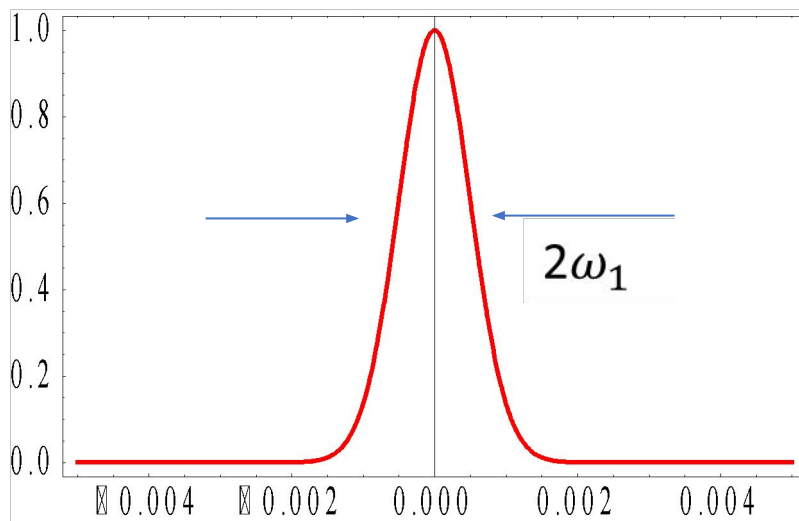
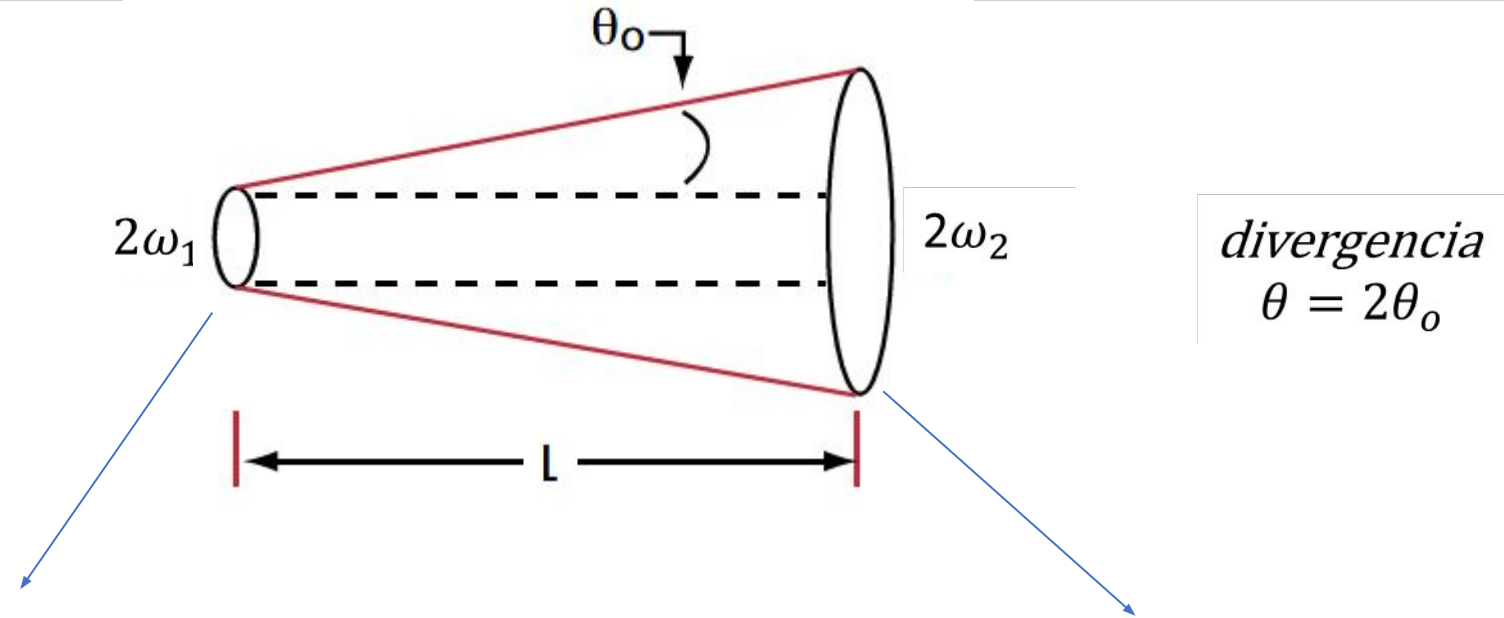
$$P(x) = \frac{P_{max}}{2} [1 - \text{erf}(\sqrt{2} \frac{x}{\omega})]$$

$$I(x) = I_0 e^{-\frac{2x^2}{\omega^2}}$$

Como determinar la divergencia



$$I(x) = I_o e^{-\frac{2x^2}{\omega^2}}$$



En las clases de óptica vamos a usar láseres



LASER:

By Light
Of Amplification
Stimulated
Emission
Radiation

Bombeo: inyecta energía

- Otro láser
- Lámpara flash
- corriente



Cavidad resonante óptica: realimentación

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS LASERES:



- Direccionales
- Colimados (divergencia $\sim 1\text{-}10$ mrad)
- Monocromáticos
- Coherentes
- Gran brillo

$$B = \frac{P}{A \cdot \Omega} \left[\frac{W}{\text{cm}^2 \text{sr}} \right]$$

A área perpendicular a la dirección de propagación

P energía por unidad de tiempo

